Pictogram Extraction Algorithm for Local and Parallel Processing

Satoshi Iwakata Student Member (Keio University, iwakata@soft.ics.keio.ac.jp)

Daisuke Fujita Non-member (Keio University, fujita@soft.ics.keio.ac.jp)

Yoshiaki Ajioka Non-member (Ecchandes Inc., ajioka@cyberdoc.co.jp)

Masafumi Hagiwara Member (Keio University, hagiwara@soft.ics.keio.ac.jp)

Keywords: image processing, pictogram extraction, scenery image, local and parallel image processing, support for sight-restricted people

In this paper, we propose a pictogram extraction algorithm for local and parallel processing. Then, we show the example that the proposed algorithm is applied to lavatory mark detection. This algorithm works under a severe constraint: each pixel of a result image must be derived from only information of their neighbor pixels. This constraint is very important for a low cost device like a mobile camera because many other algorithms using global process can not be really carried out in such a device.

Fig.1 shows our target device. It consists of many Processing Elements (PE). This device can process images in parallel due to independency of PEs.

The proposed algorithm can estimate degree of square by pixel count method to extract pictograms. Fig.2 shows the flow of the proposed algorithm. Fig.3 shows examples of

computer simulations. The result shows that the proposed algorithm can extract pictogram regions in a rate of more than 90%, and false detection rate is less than 20%.

Fig. 1. Our target device

Fig. 2. Overview of the proposed system

Fig. 3. Examples of computer simulations

局所並列処理のためのピクトグラム抽出アルゴリズム

学生員 岩片 智* 非会員 藤田 大介*
非会員 味岡 義明** 正員 萩原 将文*

Pictogram Extraction Algorithm for Local and Parallel Processing

Satohi Iwakata*, Student Member, Daisuke Fujita*, Non-member, Yoshiaki Ajioka**, Non-member, Masafumi Hagiwara*, Member

In this paper, we propose a new pictogram extraction algorithm which consists of only local processings. The proposed algorithm preserves accuracy with simple and local processing instead of high cost and global processings. This approach is very important for parallel image processing by a low cost device, because each pixel can be processed in parallel. The proposed algorithm can estimate degree of square by pixel count method to extract pictograms. The proposed algorithm has been tested using 100 scenery images. The effectiveness has been confirmed from the results of the computer simulations.

キーワード：画像処理，ピクトグラム抽出，情景画像，局所並列画像処理

Keywords: image processing, pictogram extraction, scenery image, local and parallel image processing

1. はじめに

近年，視覚障害者支援を目的とする画像処理の研究が盛んに行われている^{(1)~(3)}。ピクトグラム抽出もその一つである。ピクトグラムとは，意味するものの形状を使って，その意味概念を理解させる記号である。ピクトグラムは駅やショッピングモールの中にあるトイレマークのように事前の学習なしでも，見ただけで誰にとってもすぐわかるという特徴を持っている。言語の違いというコミュニケーションの壁や教育や年齢や経験の差を超えて，国際的，即時的にわかる表現として注目を集めている。その有効性は広く認識され，多くの国で使用されている^{(4) (5)}。

図1に本論文で対象とするピクトグラムの例を示す。ピクトグラムのような図形や看板などを画像から抽出する研究はあるが，従来の手法は計算量が多いという問題点がある^{(1) (6)}。これらはデスクトップPCなどで処理すれば処理時間にはさほど問題はないが，視覚障害者支援等の用途では携帯性が重要になる^{(7) (8)}。このような用途に対しては組み込みハードウェアによる処理が適していると考えられる。

図1 ピクトグラム例

Fig. 1. Examples of pictogram.

ハードウェア化により処理の高速化が可能であるが，従来のアルゴリズムのハードウェア化は困難である。計算量が多く，大域的な処理や複雑な処理を必要とするからである。

そうした中，味岡は「視覚装置」という新しい構成のビジョンチップを提案している^{(9) (10)}。視覚装置は複数のプロセッシング・エレメント (PE) が格子状に並んだ構成をしている。それぞれの PE が，分割された画像の各部分を並列に処理することにより，高速な画像処理が実現できる。各 PE は 4 近傍の PE とのみ物理的な接続を通して非同期的に通信を行うが，順番にデータを転送することで論理的にはより大きな近傍と通信を行うことも可能になっている。また，PE はお互いに同期して連続して局所処理をすることができる。そのような処理を本論文では局所並列画像処理と呼ぶことにする。この視覚装置の特長は低電力で並列に動作することである。そのため局所的な並列計算を高速に行うことができる。局所並列画像処理を行うシステム的大幅な小型化が実現可能であり，携帯電話への組み込みなどの用途でも大きな需要が見込まれる。

しかし，このような視覚装置の利点を活かすには，局所

* 慶應義塾大学 理工学部
〒 223-8522 横浜市港北区日吉 3-14-1
Keio University
3-14-1 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama 223-8522
** 株式会社 エッチャンデス
〒 443-0057 愛知県蒲郡市中央本町 12-7
Ecchandes Inc.
12-7 Chuohonmachi, Gamagori, Aichi 443-0057

並列画像処理のみで完結するアルゴリズムの開発が不可欠である。従来のようにフーリエ変換やハフ変換などを利用するアルゴリズムやクラスタリングを用いるアルゴリズムなどのように、大域的な計算を必要とするアルゴリズムは味岡が開発したような局所並列処理を行う視覚装置への実装には適していない。

そこで本論文では、注目画素の近傍の局所的な情報のみを用いた処理によって情景画像からピクトグラムを抽出する新しいアルゴリズムを提案する。なお、本論文で対象とするピクトグラムは四角形の枠に囲まれていることを前提条件としている。

以下、2章ではピクトグラム抽出アルゴリズムについて説明する。3章ではその応用例としてトイレマークを抽出する手法を述べる。4章では計算機によるシミュレーションを行い、その有効性を示す。5章で本論文をまとめる。

2. ピクトグラム抽出アルゴリズム

2.1 概要 図2にピクトグラム抽出アルゴリズムの流れを示す。提案アルゴリズムではまず、入力画像に対し平滑化が行われる。その後、二通りの処理が行われる。一方は輝度情報に基づく処理 (Brightness-based)、もう一方はカラー情報に基づく処理 (Color-based) である。前者では輝度値に変換された後、エッジ検出が行われエッジのみの二値画像に変換される。後者では多色分類過程を経てRGBの3帯域のカラー画像が文献(11)の方法により白・黒・赤・青の4枚の二値画像に変換される。両過程ともに二値化された後、画素計数過程において縦横それぞれの線分の長さの推定が行われ、四角形領域抽出過程でピクトグラム候補領域が抽出され、四角形領域補正過程で統合・判断され、出力される。

2.2 近傍定義 提案アルゴリズムはすべて局所並列処理からなる。局所並列処理は各画素の近傍の情報を用いて行われる。ここでは、そのための近傍を定義する。画像 X 中の位置 (i, j) の画素値を $x(i, j)$ と表現する。 (i, j) の q 近傍集合 $P_{i,j}^q$ は近傍長 r を用いて次式のように表される。

$$P_{i,j}^q = \{(l, m) \mid i - r \leq l \leq i + r, j - r \leq m \leq j + r, (l, m) \neq (i, j)\} \quad \dots (1)$$

すなわち、 $r = 1, 2, 3, \dots$ のとき、 $q = 8, 24, 48, \dots$ である。近傍数 q は r を用いて、以下のように表される。

$$q = (2r + 1)^2 - 1 \quad \dots (2)$$

なお、近傍集合 $P_{i,j}$ のうち画像サイズをはみ出した位置 (l, m) の画素値 $x(l, m)$ には画像の端の画素値が代用される。これにより、全ての画素において近傍数は等しくなる。画像サイズをはみ出した位置 (l, m) の代用画素値 $x(l, m)$ の位置 l, m は、画像の縦横の座標を表すインデックス l, m のとる値をそれぞれ $0 \sim l_{max}, 0 \sim m_{max}$ とすると以下の式で表される。

図2 ピクトグラム抽出アルゴリズムの流れ

Fig. 2. Flow of the pictogram extraction algorithm.

$$\begin{aligned} l &= 0 & \text{if } l < 0 \\ l &= l_{max} & \text{if } l > l_{max} \\ m &= 0 & \text{if } m < 0 \\ m &= m_{max} & \text{if } m > m_{max} \end{aligned} \quad \dots (3)$$

2.3 平滑化過程 入力画像 X の画素値 $x(i, j)$ は次式に従って平滑化され、 $x^{new}(i, j)$ となる。

$$x^{new}(i, j) = \frac{1}{q} \sum_{(l, m) \in \hat{P}_{i,j}^q} x(l, m) \quad \dots (4)$$

式(4)において、

$$\hat{P}_{i,j}^q = \begin{cases} (l, m) & \text{if } |x(i, j) - x(l, m)| \leq \epsilon \\ (i, j) & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots (5)$$

である。注目する画素との画素値の差が平滑化パラメータ ϵ を超える近傍画素値には、注目画素値が代入される。これによりエッジ部分のように急に画素値が変化する部分では平滑化が行われないようになる。このような平滑化を $x = r, g, b$ に対し数回繰り返し行う。

2.4 輝度値変換過程 提案アルゴリズムでは、入力画像のRGB値は以下の式に従って輝度値に変換される。

$$f(i, j) = 0.3 \cdot r(i, j) + 0.6 \cdot g(i, j) + 0.1 \cdot b(i, j) \quad \dots (6)$$

2.5 エッジ検出過程 変換後の輝度画像 F に対し、ラプラシアンフィルタを用いてエッジ抽出を行う。エッジ画像 E の各画素 $e(i, j)$ は、輝度画像 F の各画素値 $f(i, j)$ を用いて次式のように表すことができる。

$$e(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } \left[8 \cdot f(i, j) - \sum_{(l, m) \in P_{i,j}^8} f(l, m) \right] > f(i, j) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots (7)$$

2・6 多色分類過程 多色分類過程ではカラー画像から色の成分を抽出する。詳細な説明は文献 (11) に譲り要点のみを述べる。 $k = \{r, g, b\}$ の3帯域の入力画像 $k(i, j)$ から、補色関係にある白色 (*Wht*)、黒色 (*Blk*)、赤色 (*Red*) 及び青色 (*Blu*) の抽出を行う。このとき、各補色関係は q 近傍を用いて式 (8) ~ (11) のように計算される。

$$d_{Wht}(i, j) = \max_k \{q \cdot k(i, j) - \sum_{k(l, m) \in P_{i, j}^q} k(l, m)\} \dots \dots \dots (8)$$

$$d_{Blk}(i, j) = -\max_k \{q \cdot k(i, j) - \sum_{k(l, m) \in P_{i, j}^q} k(l, m)\} \dots \dots \dots (9)$$

$$d_{Red}(i, j) = q\{r(i, j) - g(i, j)\} \dots \dots \dots (10)$$

$$d_{Blu}(i, j) = -q\{r(i, j) - g(i, j)\} \dots \dots \dots (11)$$

ここで式 (8) は白色らしさ、式 (9) は黒色らしさ、式 (10) は赤色らしさ、式 (11) は青色らしさを表している。

次に各色らしさにおいて、値が最も高い画素を選択する。 $k = \{Wht, Blk, Red, Blu\}$ の4つの帯域に変換された二値画像 Y_k の各画素 $y_k(i, j)$ は以下のように求められる。

$$y_{Wht}(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } d_{Wht}(i, j) = \max_k \{d_k(i, j)\}, \\ & d_{Wht}(i, j) > f_1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots \dots \dots (12)$$

$$y_{Blk}(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } d_{Blk}(i, j) = \max_k \{d_k(i, j)\}, \\ & d_{Blk}(i, j) > f_2, \\ & d_{Blk}(i, j) \neq d_{Wht}(i, j) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots \dots \dots (13)$$

$$y_{Red}(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } d_{Red}(i, j) = \max_k \{d_k(i, j)\}, \\ & d_{Red}(i, j) > f_3, \\ & d_{Red}(i, j) \neq d_{Wht}(i, j), \\ & d_{Red}(i, j) \neq d_{Blk}(i, j), \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots \dots \dots (14)$$

$$y_{Blu}(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } d_{Blu}(i, j) = \max_k \{d_k(i, j)\}, \\ & d_{Blu}(i, j) > f_4, \\ & d_{Blu}(i, j) \neq d_{Wht}(i, j), \\ & d_{Blu}(i, j) \neq d_{Blk}(i, j), \\ & d_{Blu}(i, j) \neq d_{Red}(i, j) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots \dots \dots (15)$$

ここで、 $f_1 \sim f_4$ はしきい値である。この結果、式 (12) により白色、式 (13) により黒色、式 (14) により赤色、式 (15) により青色でありそうな画素が選択される。式 (12) ~ 式 (15) は順序関係を持って定義されている。まず式 (12)、式 (13) で白黒の明度を基準に抽出し、その後式 (14)、式 (15) で

図 3 多色分類例

Fig. 3. An example of color classification.

色を抽出しようとしている。これは色の差よりも明度の差の方が、輪郭を抽出するのに重要であると考えられるからである。

式 (8) ~ 式 (15) によって、 $\{r, g, b\}$ の3帯域の入力画像は、 $k = \{Wht, Blk, Red, Blu\}$ の4帯域の2値画像 Y_k へ変換される。変換後の各帯域では画素値は0または1の2値となる。多色分類した画像の例を図3に示す。本論文で提案するピクトグラム抽出アルゴリズムにおいては、このうち *Wht* の帯域を利用する。これはピクトグラムの枠には視認性を良くするため高いコントラストが存在するためである。*Wht* の帯域は周囲よりも明るい部分を抽出するので、ピクトグラムの枠を抽出するのに適していると考えられる。

2・7 画素計数過程 ピクトグラムを構成する四角形を推定するために、得られた二値画像 Y_{Wht} 、 E から、水平・垂直それぞれの方向の線分の連結数を求める。

2・7・1 初期化 座標 (i, j) における水平方向の連結画素数 $h_1(i, j)$ 、 $h_2(i, j)$ 、垂直方向の連結画素数 $v_1(i, j)$ 、 $v_2(i, j)$ を以下の式に従い初期化する。

$$h_1(i, j) = v_1(i, j) = e(i, j) \dots \dots \dots (16)$$

$$h_2(i, j) = v_2(i, j) = y_{Wht}(i, j) \dots \dots \dots (17)$$

ここでは、 $h_1(i, j)$ 、 $v_1(i, j)$ はエッジ画像 E 用であり、 $h_2(i, j)$ 、 $v_2(i, j)$ は多色分類後の画像 Y_{Wht} 用としている。

2・7・2 水平方向連結数計数 水平方向連結数を数える様子を簡略化したものを図4に示す。図4は、簡単のため横方向一列分のみの画素の連結数の遷移を表したものであり、数字は各画素における連結数を表している。値を持つ画素がその左の画素値と同じ値ならば連結数を増やしている。

$k = 1, 2$ の $h_k(i, j)$ について以下の式を繰り返し、水平方向の連結数を数える。

$$h_k(i, j) = \begin{cases} h_k(i, j) + 1 & \text{if } \max_{j-1 \leq m \leq j+1} \{h_k(i-1, m)\} = h_k(i, j) \\ & \text{and } h_k(i, j) \neq 0 \\ h_k(i, j) & \text{otherwise} \end{cases} \dots \dots \dots (18)$$

図 4 水平方向画素計数の様子
Fig. 4. Procedure of pixel count.

図 5 水平方向連結数計数のための参照画素
Fig. 5. Referential pixels for horizontal pixel count.

式 (18) では、注目画素がその左の画素値と同じ値ならば連結数を増やす。 $h_k(i, j)$ は最初は 0 または 1 の二値画像なので、式 (18) を繰り返すことにより、一番右側の画素が連結数を持つことになる。

また、ノイズや歪みなどに対応するため、図 5 に示すように式 (18) では m の定義域を $j-1 \leq m \leq j+1$ とすることにより、斜め方向も考慮されている。図 5 では、注目画素を (i, j) は左隣の画素 $(i-1, j)$ の他に、その上下の画素 $(i-1, j-1)$ と $(i-1, j+1)$ を参照している。図中の斜線部が参照画素を表している。

2・7・3 垂直方向連結数計数 水平方向連結数と同様に、 $k = 1, 2$ である $v_k(i, j)$ について以下の式を繰り返して垂直方向の連結数を数える。

$$v_k(i, j) = \begin{cases} v_k(i, j) + 1 & \text{if } \max_{i-1 \leq l \leq i+1} \{v_k(l, j-1)\} = v_k(i, j) \\ & \text{and } v_k(i, j) \neq 0 \\ v_k(i, j) & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (19)$$

$$h_k(i, j) = \begin{cases} \max_{i-1 \leq l \leq i+1} \{h_k(l, j-1)\} \\ \text{if } \max_{i-1 \leq l \leq i+1} \{v_k(l, j-1)\} = v_k(i, j) \\ h_k(i, j) & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (20)$$

式 (19) では、式 (18) と同様に注目画素がその上の画素値と同じ値ならば連結数を増やす。また、式 (20) において、式 (18) で計算した水平方向の連結数を垂直方向に伝達する。

2・8 四角形領域抽出過程 四角形領域抽出過程では、前過程で得られた縦横それぞれの連結画素数を元に、正方形に近い四角形かどうかの判断を行う。まず、以下の式に従い $h_1(i, j), v_1(i, j)$ と $h_2(i, j), v_2(i, j)$ を用いて四角形の一辺の長さ $a_1(i, j), a_2(i, j)$ の推定を行う。

$$a_k(i, j) = \begin{cases} \max\{h_k(i, j), v_k(i, j)\} \\ \text{if } \min\{h_k(i, j), v_k(i, j)\} / \max\{h_k(i, j), v_k(i, j)\} \geq th_{asp} \\ \text{and } \max\{h_k(i, j), v_k(i, j)\} > th_s \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (21)$$

式 (21) では、求まった四角形の水平方向・垂直方向の連結数の比が th_{asp} 以上であれば、その領域を正方形とみなす。またここでは、連結数がしきい値 th_s 以下の小領域の場合はピクトグラムではない、あるいは確信度が低いとみなし抽出しない。その四角形領域の右下頂点にあたる画素 (i, j) が正方形の一辺の長さ $a_k(i, j)$ を示すことになる。次に、次式に従い $a_1(i, j), a_2(i, j)$ を用いて四角形領域画像 S_1, S_2 の各画素 $s_k(i, j)$ の値を 1 にする。

$$s_k(l, m | i - a(i, j) \leq l \leq i, j - a(i, j) \leq m \leq j) = \begin{cases} 1 & \text{if } a_k(i, j) > th \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (22)$$

2・9 四角形領域補正過程 まず、以下の式に従い二つの四角形領域抽出過程の出力 S_1, S_2 の和集合をとり、 S を得る。

$$s(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } s_1(i, j) > 0 \text{ or } s_2(i, j) > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (23)$$

四角形領域抽出過程の出力は図 6(a) の中央や右の領域のように複数の正方形が重なり、四角形が欠けたような形になることが多い。これは Y_{Wht} 、 E に太さがあるからである。これらは本来は一つの領域であるので、以下の式に従い整形する。

$$s^{new}(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } s(i, j-1) = 1 \\ & \text{and } s(i+1, j-1) = 1 \\ & \text{and } s(i+1, j) = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (24)$$

図 6 四角形領域補正過程の入出力

Fig.6. An input and an output of square adjustment.

$$s^{new}(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } s(i-1, j) = 1 \\ & \text{and } s(i-1, j-1) = 1 \\ & \text{and } s(i, j-1) = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots (25)$$

$$s^{new}(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } s(i+1, j) = 1 \\ & \text{and } s(i+1, j+1) = 1 \\ & \text{and } s(i, j+1) = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots (26)$$

$$s^{new}(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } s(i-1, j) = 1 \\ & \text{and } s(i-1, j+1) = 1 \\ & \text{and } s(i, j+1) = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots (27)$$

式 (24)-式 (27) を繰り返すことにより、図 6(a) のような図形は整形され、同図 (b) のような出力を得ることができる。

以上が本論文で提案するピクトグラム抽出アルゴリズムである。

3. トイレマーク検出アルゴリズム

3.1 概要 ここでは、前章で説明した部分をトイレマーク検出に適用したアルゴリズムを示す。図 7 に本論文で対象とするトイレマークを示す。トイレマークには、男女を表す色として赤と青が使用されていることが多い。従って、ピクトグラム抽出アルゴリズムによって抽出したピクトグラムのうち、これらの色を含む領域をトイレマークとして検出する。図 8 にその処理の流れを示す。このうち、ピクトグラム抽出過程 (pictogram extraction) は前章で述べたピクトグラム抽出アルゴリズムである。多色分類過程 (Color classification) において、Red 成分と Blu 成分を取り出し、それぞれの成分のノイズを除去する。そしてピクトグラム抽出過程でえられた正方形領域 S のうち、赤色と青色を含む領域をトイレマークとして検出する。

3.2 多色分類過程 本論文で提案するアルゴリズムでは、2.6 節で述べた多色分類結果のうち Red と Blu の 2 帯域を利用する。トイレマークには通常赤色と青色が

図 7 対象とするトイレマーク例

Fig.7. An example of the lavatory mark.

図 8 トイレマーク検出アルゴリズムの流れ

Fig.8. Flow of the lavatory mark detection algorithm.

含まれているからである。

3.3 ノイズ除去過程 ノイズ除去過程では次に従い、ノイズの除去・図形の整形を行う。

$$y_k^{new}(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } \sum_{y_k(l, m) \in P_{i, j}^8} y_k(l, m) \geq 4, \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots (28)$$

式 (28) では、 $k = \{Red, Blu\}$ である。画素値が 1 の画素において、連結する画素が 3 つ以下の場合には、その画素値を 0 にするものである。この操作を 2~3 回行い、スポットノイズを除去したり、抽出した図形の形を整えたりすることが可能である。

3.4 トイレマーク検出過程 トイレマーク検出過程では、ノイズ除去過程の出力とピクトグラム抽出過程の出力から、トイレマークを検出する。ピクトグラム抽出過程で得られた四角形領域 S の内、ノイズ除去過程の出力の Red 成分と Blu 成分が含まれる領域のみをトイレマーク領域 Z として検出する。まず、ピクトグラム抽出過程で得られたピクトグラム画像 S のうち、内部に Red 成分が含まれる領域のみを取り出し、 U を生成する。 U の各画素 $u(i, j)$ は繰り返し回数を t として以下の式により計算される。

$$u^{t+1}(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } (u^t(l, m) \mid (l, m) \in P_{i,j}^8) = 1 \\ & \text{and } s(i, j) = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots (29)$$

$$u^0(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } y_{Red}(i, j) = 1 \text{ and } s(i, j) = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots (30)$$

式 (29) を繰り返すことにより, *Red* 成分が含まれる四角形領域を取り出す事ができる。

次に, *U* からさらに *Blu* 成分が含まれる四角形領域を抽出し, 出力画像 *Z* を得る。*Z* の各画素 $z(i, j)$ は繰り返し回数を *t* として以下の式により計算される。

$$z^{t+1}(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } (z^t(l, m) \mid (l, m) \in P_{i,j}^8) = 1 \\ & \text{and } u(i, j) = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots (31)$$

$$z^0(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } y_{Blu}(i, j) = 1 \text{ and } u(i, j) = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots (32)$$

式 (31) も式 (29) と同様に繰り返し行う。

以上が本論文で提案するアルゴリズムのトイレマーク検出への適用である。

4. 計算機シミュレーション

提案アルゴリズムの有効性を示すため, 情景画像を用いてピクトグラム及びトイレマークを抽出する計算機シミュレーションを行った。

4・1 ピクトグラムの抽出 2章で述べたピクトグラム抽出アルゴリズムを用い, 情景画像からピクトグラムを抽出する計算機シミュレーションを行った。

4・1・1 シミュレーション条件 通常のデジタルカメラで撮影した 256 階調, 縦 480 画素 × 横 640 画素のカラー画像を使用した。画像は屋内外で撮影したものである。撮影時の天候は晴れまたは曇であり, 日中あるいは夜間に撮影した画像である。情景画像 100 枚の内, 20 枚を表 1 に示すパラメータ設定のために使用し, 残りの 80 枚を用いて評価した。評価指標として, 抽出率と誤抽出率を次式のように定義した。

$$\text{抽出率 (\%)} = \frac{\text{抽出に成功した領域数}}{\text{画像に含まれるピクトグラム数}} \times 100 \dots\dots\dots (33)$$

$$\text{誤抽出率 (\%)} = \frac{\text{抽出した非ピクトグラムの数}}{\text{抽出した領域数}} \times 100 \dots\dots\dots (34)$$

480 × 640 画素の入力画像に対し, 大きさが 40 × 40 画素以下のピクトグラムは抽出対象とはしていない。

計算機シミュレーションの条件を表 1 に示す。パラメータ値は予備実験により, 最適と思われる値を設定した。

表 1 ピクトグラム抽出のパラメータ

Table 1. Parameters of pictogram extraction.

Parameter name	Value
q in equation(4)	8
ϵ in equation(5)	20
Times of smoothing	7
q in color classification	120
f_1 in equation(12)	1500
f_2 in equation(13)	2000
f_3 in equation(14)	1500
f_4 in equation(15)	1500
th_{asp} in equation(21)	0.85
th_s in equation(21)	40
Times of square adjustment	10

表 2 ピクトグラム抽出結果

Table 2. A result of pictogram extraction.

Extraction rate(%)	False extraction rate(%)
94.1	16.4

図 9 ピクトグラム抽出の入出力画像例

Fig. 9. Input and output examples of pictogram extraction.

図 10 誤抽出の処理途中画像
Fig. 10. Images under processing.

表 3 ピクトグラムの大きさ別抽出率

Table 3. Extraction rate of size.

Size (pixel on a side)	40 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100	100 ~ 120	120 ~
Extraction rate (%)	97.1	93.8	91.3	98.0	93.0

表 4 トイレマーク検出のパラメータ

Table 4. Parameter of lavatory mark detection.

Parameter name	Value
Times of noise elimination	4

表 5 トイレマーク検出結果

Table 5. A result of lavatory mark detection.

Detection rate(%)	False detection rate(%)
84.0	4.5

4.1.2 シミュレーション結果 表 2 に示すように計算機シミュレーションの結果，抽出率は 94.1%，誤抽出率は 16.4% であった。入出力画像の例を図 9 に示す。図 9 では，それぞれ左側の入力画像に対し，ピクトグラムとして抽出された領域が右側の図に示されている。図 9 から分かるように，提案アルゴリズムではピクトグラムの地の色によらず抽出することに成功している。一方で誤抽出率はやや高めの値になっているが，これは四角形領域抽出過程において，歪みに対応するため正方形以外の図形を抽出してしまうことが主な原因と考えられる。図 9 の一番目の画像 (Input 1) では，画像中の右側にあるエスカレーターマークや矢印の抽出に失敗している。これはエッジ検出過程においてエッジが切れてしまい，多色分類過程においてマークの枠と看板の外枠が連結してしまったためであると考えられる。図 9 の一番下の画像 (Input 4) が誤抽出の例である。これは入力画像の「出口」とかかれた領域の四角形の右上部分を抽出してしまっている。該当部分のアルゴリズム適用途中の拡大画像を図 10 に示す。図 10 は左側がエッジ画像，右側が多色分類後の二値画像 Y_{Whit} である。該当部分はエッジがやや斜めになっており，図 10 の左側のようにエッジが切れた状態で検出してしまったため，四角形として誤抽出してしまったと考えられる。

計算機シミュレーションにおいてピクトグラムの大きさ毎の抽出率を表 3 にまとめた。表 3 において，Size(pixel on a side) はピクトグラムの一辺の大きさを表す。例えば，

図 11 トイレマーク検出の入出力画像例

Fig. 11. Input and output examples of lavatory mark detection.

$40 \times 40 \sim 70 \times 70$ のピクトグラムの抽出率が 96.0% である。抽出率はいずれの大きさにおいても 90% を超えていることから，提案アルゴリズムでは四角形領域抽出過程において th_s によるしきい値処理で小さすぎる四角形領域を削除している以外では，抽出率はピクトグラムの大きさによらないと考えられる。

4.2 トイレマークの検出 3 章で述べたトイレマーク検出アルゴリズムを用い，情景画像からトイレマークを検出するシミュレーションを行った。

4.2.1 シミュレーション条件 入力に用いた画像や評価指標，ピクトグラム抽出過程のパラメータは 4.1.1 節と同じである。その他のパラメータを表 4 のように設定した。

4.2.2 シミュレーション結果 結果を表 5 に示す。また，入出力画像の例を図 11 に示す。トイレマークの検出においては，ピクトグラム検出結果に色による判定を加える事により抽出条件を厳しくし，ピクトグラムの誤抽出率を大幅に低下させることができたが，抽出率もやや低下した。特定のピクトグラムに特有の情報をさらに用いることにより精度をさらに向上させる事が可能と考えられる。

5. ま と め

本論文では局所的な処理のみで構成され並列化可能な、新しいピクトグラム抽出アルゴリズムを提案した。

提案アルゴリズムは、視覚障害者の支援を前提に、すべての処理が局所計算のみで完結しており、ハードウェア化に向けたアルゴリズムである。そのため、対象画像が大きくなっても、PE の数を増やすことにより各 PE の計算量を抑えることが可能である。

計算機シミュレーションにより、情景画像からピクトグラム領域を抽出できること、特定のピクトグラムに特化した情報を使うことにより、効果的に特定のピクトグラムを検出できることが確認された。今後は精度のみではなく、PE の計算量や通信量に関する評価が必要と考えられる。

(平成 17 年 2 月 22 日受付, 平成 17 年 9 月 26 日再受付)

文 献

- (1) T. Nagai, T. Kagehiro, M. Kaneko, and A. Kurematsu: "Text and Signboard Detection in Scene Images", IEICE Technical Report, CS2000-145, pp.103-108 (2001-3) (in Japanese)
長井隆行・影広達彦・金子正秀・樽松 明:「情景画像中の文字及び看板領域の抽出」, 信学技報, CS2000-145, pp.103-108 (2001-3)
- (2) F. Hang, T. Nagai, M. Kaneko, and A. Kurematsu: "Extraction of Characters on Signboards from Various Scene Images", IEICE Technical Report, IE2000-157, pp.13-18 (2001-1) (in Japanese)
傅 杭・長井隆行・影広達彦・金子正秀・樽松 明:「屋内外の情景画像を対象とした看板文字の自動抽出」, 信学技報, IE2000-157, pp.13-18 (2001-3)
- (3) H. Hiraiwa, Y. Takeuchi, T. Matsumoto, H. Kudo, Y. Liu, and N. Ohnishi: "A System Assisting the Visually Impaired People to Understand Character Information in the Environment", IEICE Technical Report, PRMU2001-269, pp.195-202 (2002-3) (in Japanese)
平岩裕康・竹内義則・松本哲也・工藤博章・劉 詠梅・大西 昇:「視覚障害者のための環境内の文字情報理解支援システム」, 信学技報, PRMU2001-269, pp.195-202 (2002-3)
- (4) 村越愛策:「図記号のおはなし」, 日本規格協会 (1987)
- (5) 太田幸夫:「ピクトグラムのおはなし」, 日本規格協会 (1995)
- (6) D. Matsuura, H. Yamauchi, and H. Takahashi: "Extracting Circular Road Signs Using Specific Color Distinction and Region Limitation" *IEICE Trans*, Vol.J85-D-II, No.6, pp.1075-1083 (2002-6) (in Japanese)
松浦大祐・山内 仁・高橋浩光:「特定色判別と領域限定を用いた円形道路標識の抽出」, 信学論, J85-D-II, 6, pp.1075-1083 (2002-6)
- (7) Y. Hu, T. Nagao, M. Okazaki, and T. Chinone: "Image Matching Process on Images Taken by a Cellular Phone", *The Journal of the Institute of Image Information and Television Engineers*, Vol.57, No.9, pp.1177-1186 (2003) (in Japanese)
胡 軼・長尾智晴・岡崎雅則・茅根大嗣:「カメラ付携帯電話で撮影された画像のマッチング処理」, 映像情報メディア学誌, 57, 9, pp.1177-1186 (2003)
- (8) M. Sawaguchi, K. Yamamoto, and K. Kato: "A proposal of character recognition method for low resolution images by using cellular phone", IEICE Technical Report, PRMU2002-247, pp.25-30 (2003-3) (in Japanese)
澤口元英・山本和彦・加藤邦人:「携帯電話における低解像度文字認識手法の提案」, 信学技報, PRMU2002-247, pp.25-30 (2003-3)
- (9) Y. Ajioka: "Visual Device", PCT, W000/16259
味岡義明:「視覚装置」, PCT 国際公開番号 WO00/16259
- (10) Y. Ajioka, Y. Shimada, and H. Amano: "Size/Position detection algorithm on The Visual Device", IEICE Technical Report, VLD2001-135, CPSY2001-94, pp.23-30 (2002-1) (in Japanese)

味岡義明・嶋田雅洋・天野英晴:「視覚装置における位置/大きさ検出アルゴリズムの検証」, 信学技報, VLD2001-135, CPSY2001-94 (2002-1)

- (11) S. Iwakata, Y. Ajioka, and M. Hagiwara: "Character Extraction Algorithm by Local and Parallel Processing", *IEEJ Trans, EIS*, Vol.124-C, No.4, pp.959-965 (2004-4) (in Japanese)
岩片 智・味岡義明・萩原将文:「局所並列処理による情景画像からの文字抽出アルゴリズム」, 電学論 (C), 124, 4, pp.959-965 (2004-4)
- (12) S. Iwakata, Y. Ajioka, and M. Hagiwara: "Thresholding Algorithm for Local and Parallel Processing", *IEEJ Trans, EIS*, Vol.125-C, No.4, pp.7-13 (2005-1) (in Japanese)
岩片 智・味岡義明・萩原将文:「局所並列処理のための二値化アルゴリズム」, 電学論 (C), 125, 1, pp.7-13(2005-1)

岩 片 智 (学生員) 2003 年慶大・理工・情報卒。2004 年同大大学院前期博士課程修了。現在, 同大大学院後期博士課程在学中。画像処理の研究に従事。

藤 田 大 介 (非会員) 2004 年慶大・理工・情報卒。2005 年同大大学院修士課程中退。現在, 日本テレビ放送網(株)に勤務。写真=(C)NTV

味 岡 義 明 (非会員) 1987 年慶大・理工・電気卒。1992 年同大大学院博士課程了。博士(工学)。1998 年エッチャンデス代表取締役社長。盲導犬ロボットの研究・開発に従事。

萩 原 将 文 (正員) 1982 年慶大・理工・電気卒。1987 年同大大学院博士課程了。工学博士。同年同大助手, 現在, 同大教授。1991 年より 2 年間アメリカ Stanford 大学訪問研究員。ニューラルネットワーク, ファジィシステム, GA の研究に従事。1986 年丹羽記念賞, 1987 年電子情報通信学会学術奨励賞, 1990 年 IEEE 論文賞, 1994 年安藤記念学術奨励賞, 1996 年ファジィ学会著述賞, 2003 年日本感性工学会技術賞, 2004 年同学会論文賞各受賞。IEEE シニアメンバ。